

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОКОНТУРИВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА НА ЭХОГРАФИЧЕСКИХ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ**

<sup>1</sup>Мухтаров А.А., <sup>2</sup>Зюзин В.В.

<sup>1</sup> ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19), e-mail: andrew443209993@yandex.ru

**Аннотация:** В статье описан полуавтоматический алгоритм оконтуривания левого желудочка сердца на эхографических видеопоследовательностях. Произведена качественная оценка результатов построения контура для 14 пациентов. Разработана программа, которая позволяет врачам кардиологам строить контуры в полуавтоматическом режиме и оценивать качество построенных контуров. Данный алгоритм может быть применим для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: оконтуривание, левый желудочек, оптический поток, УЗИ-изображения.

## **THE DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR AUTOMATIC CONTOURING OF THE LEFT VENTRICLE ON ECHOGRAPHIC VIDEO SEQUENCE**

<sup>1</sup>Mukhtarov A.A., <sup>2</sup>Zuzin V.V.

<sup>1</sup> Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira Str., 19), e-mail: andrew443209993@yandex.ru

**Abstract:** This article describes a semi-automatic algorithm of delineation of the left ventricle of the heart on the echographic video sequences. A qualitative assessment of the results of the contour construction was made for 14 patients. A program that allows to cardiologists to build contour in semi-automatic mode, and assess the quality of contouring This algorithm can be applied to solve the problem.

Key words: contouring, left ventricle, optical flow, ultrasound images.

### **Введение**

Современные методы исследования сильно упрощают жизнь в области медицины. Диагностика занимает намного меньше времени и бывает более информативной, если для этого используются, например, ультразвуковое исследование. Диагностирование болезней сердца на основании эхографических изображений (эхокардиография (ЭхоКГ)) является одной из сложных задач, которые стоят перед врачами-кардиологами.

Анализ последовательности УЗ-изображений позволяет провести анализ динамики сердечной мышцы. Особый интерес для врачей-кардиологов представляет левый желудочек (ЛЖ) сердца, так как большинство различных патологий и болезней сердца изменяют, в первую очередь, его состояние.

Современные аппараты ультразвукового исследования сердца имеют инструментарий, помогающий врачам проводить расчеты различных показателей, которые необходимы для диагностирования многих заболеваний.

Для оценки состояния ЛЖ врач-кардиолог наносит на каждый кадр последовательности УЗ-изображений контур, ограничивающий область ЛЖ, как правило, в ручном режиме.

На сегодняшний день существует множество различных УЗИ-сканеров, каждый из которых оснащен тем или иным инструментарием оконтуривания ЛЖ (Philips, Aloka Hitachi, Toshiba, Siemens, General Electric и др.). Однако, как показал анализ коммерческих предложений перечисленных выше фирм, на рынке нет аппаратов для ЭхоКГ со встроенными программами, которые бы позволяли выполнять оконтуривание ЛЖ в полностью автоматическом режиме. Таким образом, на сегодняшний день задача полностью автоматического алгоритма оконтуривания ЛЖ является актуальной.

### **Постановка задачи**

Для решения проблемы оконтуривания ЛЖ на УЗИ-изображениях не подходят обычные методы цифровой обработки изображений. Такие методы как: сегментация, фильтрация, контрастирования, морфологические преобразования не дают положительных результатов выделения контура [1,2,3].

Таким образом, для решения проблемы оконтуривания было решено исследовать метод оптического потока. Требуется написать программу, которая позволит врачам кардиологам строить контур только на первом кадре видеопоследовательности. На втором и последующих кадрах контур должен строиться автоматически.

### **Полуавтоматический алгоритм выделения контура на видеопоследовательности**

В основе алгоритма лежит алгоритм Kanade-Lucas-Tomasi для отслеживания точек на первом кадре.

В качестве исходных данных использовались видео четырнадцати пациентов.

В алгоритме использовались следующие параметры:

- BlockSize[61 61] – окрестность вокруг каждой точки, которая отслеживается.
- NumPyramidLevels,5 – пятый уровень пирамиды, что позволяет обрабатывать большие смещения точек между кадрами.

Значение BlockSize определяет область, в которой отслеживается точка. Если значение этого параметра слишком мало, то некоторые точки могут потеряться или сместиться, что вызовет неправильно построение контура. Пример применения параметра BlockSize показан на рисунке 1.

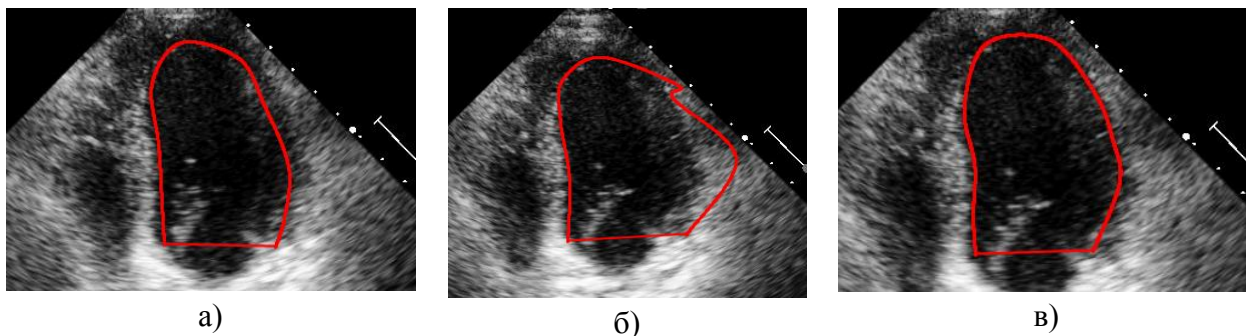


Рисунок 1 - Применение параметра BlockSize , а – первый кадр видео, б – последний кадр при значении [11 11], последний кадр при значении [61 61]

Значение параметра NumPyramidLevels определяет, насколько большие смещения объекта следует отслеживать. Без использования данного параметра резкое смещение клапана вызовет смещение отслеживаемой точки. Пример использования NumPyramidLevels представлен на рисунке 2.

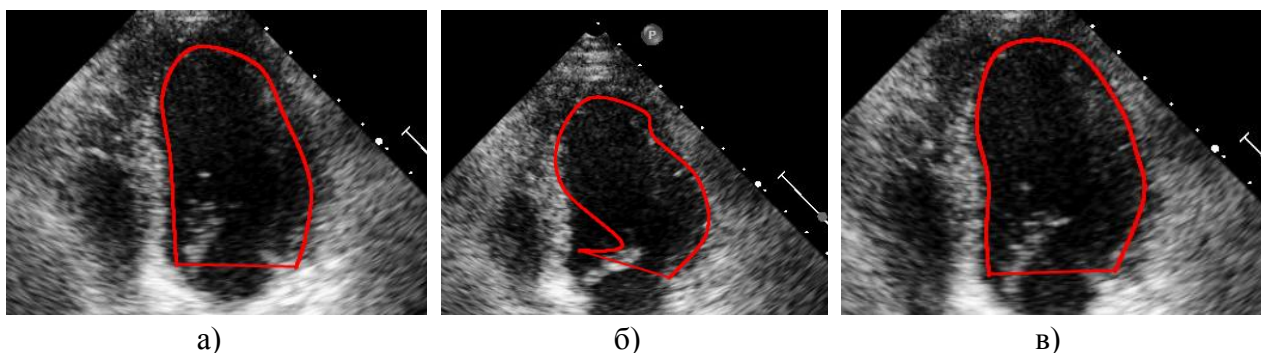


Рисунок 2 - Использование параметра NumPyramidLevels, а – первый кадр видео, б – последний кадр при значении параметра 0, последний кадр при значении параметра 5

Экспериментально было выявлено, что контуры, построенные данным методом, удовлетворительны только на первом цикле биения сердца на видеопоследовательности. Поэтому было принято решение выделять первый цикл на всех видеопоследовательностях и обрабатывать только его. Для определения первого цикла использовалась осциллограмма, присутствующая на всех видеозаписях (рис. 3).

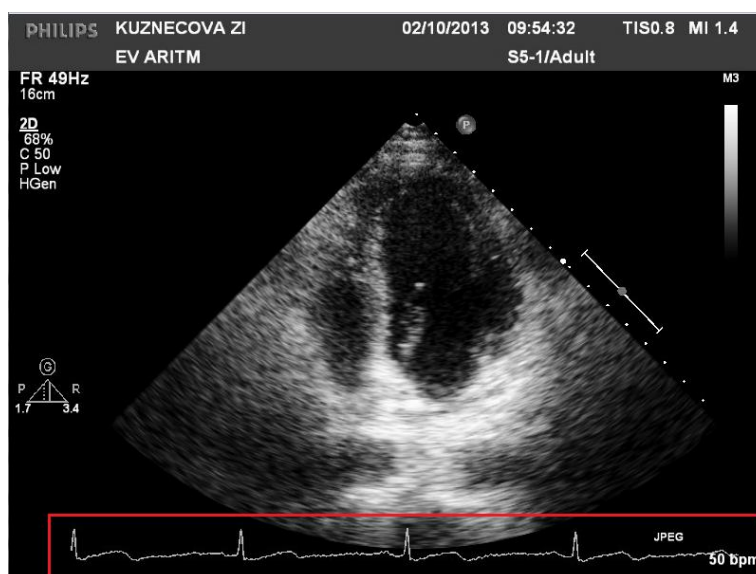


Рисунок 3 - УЗИ-кадр с осциллограммой

## Оценка качества построения контура

В качестве критерия качества построения контура ЛЖ была использована особенность движения ЦМ левого желудочка. Далее для каждого пациента была вычислена площадь соответствующих эллипсов, которые сравнивались с площадью ЛЖ в диастоле (контур на первом кадре сердечного цикла). Отношения площадей эллипса и ЛЖ в диастоле представлены в таблице 1.

Таблица 1 Отношение площади эллипса, охватывающего ЦМ ЛЖ экспертных контуров, к площади экспертного контура ЛЖ в систоле

Пациент	Коэффициент	Пациент	Коэффициент
1	0.0018	8	0.0051
2	0.0167	9	0.0023
3	0.0269	10	0.0007
4	0.0011	11	0.0016
5	0.0010	12	0.0027
6	0.0151	13	0.0030
7	0.0008	14	0.0015

Из таблицы 1 видно, что площадь эллипса, охватывающего ЦМ ЛЖ, не превосходит 3% площади ЛЖ в диастоле, что свидетельствует о правильности построения контуров. Для более качественной оценки данного алгоритма требуется оценка экспертов. С этой целью была создана программа, позволяющая врачам кардиологам пользоваться данным алгоритмом и ставить оценки качества построения.

## Выводы

В данной работе, в качестве полуавтоматического алгоритма оконтуривания, был исследован метод оптического потока. Применен алгоритм Kanade-Lucas-Tomasi для отслеживания точек контура ЛЖ на видеопоследовательности. Были проанализированы параметры данного алгоритма и выбраны те, которые позволяют производить оконтуривание левого желудочка более точно.

Были получены визуальная и качественная характеристика результатов оконтуривания при помощи данного алгоритма. Также разработана программа, позволяющая врачам кардиологам пользоваться данным алгоритмом и ставить оценки качества построения.

Исходя из результатов построения контура, можно сделать вывод, что данный алгоритм можно использовать для решения поставленной задачи.

## Список литературы

1. Computer Vision System Toolbox // Режим доступа: [http://matlab.ru/products/computer-vision-system-toolbox/computer-vision-system-toolbox\\_rus.pdf](http://matlab.ru/products/computer-vision-system-toolbox/computer-vision-system-toolbox_rus.pdf)
2. Hans C. Segmentation of Sparse and Arbitrarily Oriented Cardiac MRI Data Using a 3D-ASM / C. Hans, van Assen, G. Mikhail, Danilouchkine, AlejandroF. Frangi, Sebasti`anOrd`as, J.M., Jos Westenberg, H.C., Johan Reiber, P.F. Boudewijn FIMH. – 2005. – LNCS 3504. – P. 33–43, 2005.
3. Kanade-Lucas\_Tomasi feature tracker // Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Kanade%E2%80%93Lucas%E2%80%93Tomasi\\_feature\\_tracker](http://en.wikipedia.org/wiki/Kanade%E2%80%93Lucas%E2%80%93Tomasi_feature_tracker)

4. Veenman C. Resolving motion correspondence for densely moving points / C. Veenman, M. Reinders, E. Backer IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence. 2001. V.23, № 1. P. 54-72.
5. Vision.PointTracker System object // Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/vision/ref/vision.pointtracker-class.html>
6. Yilmaz A. Object tracking: A survey / A. Yilmaz, O. Javed, M. Shah ACM Computing Surveys. 2006. V. 38, № 4. Article 13.
7. Бобкова А.О. Анализ результатов оконтуривания левого желудочка сердца на эхографических изображениях у пациентов с патологиями с помощью автоматического алгоритма. / А.О. Бобкова, С.В. Поршневу, В.В. Зюзин, В.В. Бобков Труды 24-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо`2014), 2014. С. 1073-1074.
8. Бобкова А.О. Исследование методов удаления спекл-шумов на ультразвуковых изображениях. / А.О. Бобкова, С.В. Поршневу, В.В. Зюзин, В.В. Бобков Труды 23-й Международной конференции по Компьютерной Графике и Зрению (ГрафиКон`2013), 2013. С. 244-246.
9. Конушин А. Слежение за точечными особенностями сцены (Point feature tracking). / А. Конушин Компьютерная графика и мультимедиа. 2003. №1(5).
10. Поршневу С.В. Способ полуавтоматического оконтуривания левого желудочка сердца человека на эхокардиографических изображениях / С.В. Поршневу, А.О. Бобкова, В.В. Зюзин, В.В. Бобков Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8–1. – С. 44-48; Кроновер Р. Фракталы и хаос. Москва 2000. с.–256-276.
11. Приоров А.Л. Улучшение качества ультразвуковых медицинских изображений / А.Л. Приоров, В.В. Хрящев, М.В. Сладков Медицинская техника. – 2008. – № 4. – С. 11–14.

## References

1. Computer Vision System Toolbox // Режим доступа: [http://matlab.ru/products/computer-vision-system-toolbox/computer-vision-system-toolbox\\_rus.pdf](http://matlab.ru/products/computer-vision-system-toolbox/computer-vision-system-toolbox_rus.pdf)
2. Hans C. Segmentation of Sparse and Arbitrarily Oriented Cardiac MRI Data Using a 3D-ASM / C. Hans, van Assen, G. Mikhail, Danilouchkine, AlejandroF. Frangi, Sebasti`anOrd`as, J.M., Jos Westenberg, H.C., Johan Reiber, P.F. Boudewijn FIMH. – 2005. – LNCS 3504. – P. 33–43, 2005.
3. Kanade-Lucas\_Tomasi feature tracker // Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Kanade%E2%80%93Lucas%E2%80%93Tomasi\\_feature\\_tracker](http://en.wikipedia.org/wiki/Kanade%E2%80%93Lucas%E2%80%93Tomasi_feature_tracker)
4. Veenman C. Resolving motion correspondence for densely moving points / C. Veenman, M. Reinders, E. Backer IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence. 2001. V.23, № 1. P. 54-72.
5. Vision.PointTracker System object // Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/vision/ref/vision.pointtracker-class.html>
6. Yilmaz A. Object tracking: A survey / A. Yilmaz, O. Javed, M. Shah ACM Computing Surveys. 2006. V. 38, № 4. Article 13.
7. Bobkova A.O. Analysis results of delineation of the left ventricle on the echo graphic images of patients with pathologies by an automatic algorithm. / A.O. Bobkova, S.V. Porshnev,

- V.V. Zuzin, V.V. Bobkov Proceedings of the 24th International Crimean Conference « Microwave equipment and telecommunication technology », 2014. P. 1073-1074.
8. Bobkova A.O. A study of methods for removing speckle noise on ultrasound images. / A.O. Bobkova, S.V. Porshnev, V.V. Zuzin, V.V. Bobkov Proceedings of the 23rd International Conference on Computer Graphics and Vision, 2013. P. 244-246.
9. Konushin A. Point feature tracking. / A. Konushin Computer graphics and multimedia. 2003. №1(5).
10. Porshnev S.V. A method of semi-automatic delineation of the left ventricle of the human heart on the echocardiographic images / S.V. Porshnev, A.O. Bobkova V.V. Zuzin, V.V. Bobkov Fundamental research. – 2013. – № 8–1. – P. 44-48; Kronover R. Fractals and Chaos. Moscow 2000. p.–256-276.
11. Priorov A.L. Improving the quality of ultrasound medical images / A.L. Priorov, V.V. Hrjashhev, M.B. Sladkov Medical equipment. - 2008. – № 4. – P. 11–14.